

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-086991

(43)Date of publication of application : 02.04.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/035  
 G02F 1/03  
 G02F 2/02  
 H04B 10/152  
 H04B 10/142  
 H04B 10/04  
 H04B 10/06

(21)Application number : 07-261891

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.10.1995

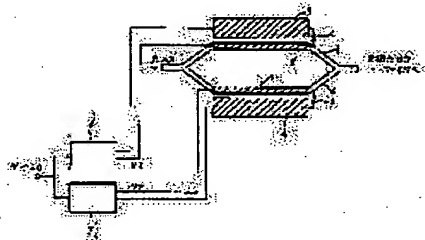
(72)Inventor : NISHIMOTO HIROSHI  
 NAMIKI TAKEFUMI  
 YOKOTA IZUMI  
 OKIYAMA TADASHI  
 KIYONO MINORU

## (54) METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING LIGHT AND LIGHT TRANSMISSION SYSTEM

## (57)Abstract:

PURPOSE: To attain long distance transmission even in an optical fiber transmission line with large spectrum spread by moving a central wavelength of a rise part of an optical pulse to a long wavelength side and moving the central wavelength of the fall part to a short wavelength side.

CONSTITUTION: This device is provided with an optical waveguide 1 largely applying phase modulation, the optical waveguide 2 small applying the phase modulation and a modulating electrode 3, etc. Then, phases of respective waveguides of a modulator are modulated asymmetrically. That is, the central wavelength of output light is moved to the long wavelength side at the rise part, and further, it is moved to the short wavelength side at the fall part. By wavelength chirping generated by asymmetrically modulating the phase and the effect of the positive spectrum spread of the optical fiber transmission line, since the wavelength becomes long at the rise part of the optical pulse, a propagation speed is delayed relatively, and the propagation speed is quickened relatively at the fall part conversely. Thus, pulse compression occurs in the optical pulse, and a transmittable optical fiber length is improved as a result.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.10.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 24.03.1998

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-86991

(43) 公開日 平成8年(1996)4月2日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 2 F 1/035

1/03

5 0 2

2/02

H 0 4 B 10/152

H 0 4 B 9/ 00

L

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平7-261891

(62) 分割の表示

特願平1-61534の分割

(22) 出願日

平成1年(1989)3月14日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 西本 央

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 並木 武文

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 横田 泉

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井桁 貞一

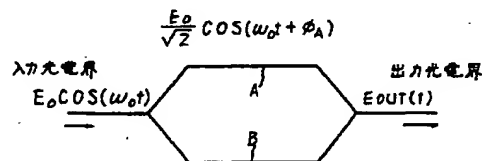
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光伝送方法、光伝送装置及び光伝送システム

(57) 【要約】

【課題】 数ギガビット/秒以上の伝送速度であって、且つ、波長分散の大きい光ファイバ伝送路においても長距離伝送可能な光伝送方法を提供すること。

【解決手段】 光変調器によって生成した光パルスを伝送する光伝送方法において、前記光パルスを生成するとともに、前記光パルスの立ち上がり部分の中心波長を長波長側に動かし、立ち下がり部分の中心波長を短波長側に動かす構成とする。



$$\phi_A > 0, \phi_B < 0, |\phi_A| > |\phi_B|, |\phi_B - \phi_A| \approx 0 \text{ (high)}$$
$$|\phi_B - \phi_A| \approx \pi \text{ (low)}$$

本発明の原理を示す図 (1)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光変調器によって生成した光パルスを送る光伝送方法において、

前記光パルスを生成するとともに、前記光パルスの立ち上がり部分の中心波長を長波長側に動かし、立ち下がり部分の中心波長を短波長側に動かすことを特徴とする光伝送方法。

【請求項2】 干渉型光変調器によって変調された光パルスを生成し、前記生成した光パルスを光ファイバ伝送路に導入して送る光伝送方法において、前記干渉型光変調器により光パルスを生成するとともに、前記光パルスの立ち上がり及び立ち下がり部分の中心波長を前記光ファイバ伝送路の波長分散によりパルス圧縮を生じる方向に動かすことを特徴とする光伝送方法。

【請求項3】 所定の中心波長を有した光を供給する光源と、前記光源の光を変調して光パルスを生成する干渉型変調器とを有する光伝送装置において、前記光パルスを生成するとともに、前記光パルスの立ち上がり部分の中心波長を前記所定の中心波長より長波長側に、立ち下がり部分を短波長側に動かす前記干渉型光変調器を備えたことを特徴とする光伝送装置。

【請求項4】 干渉型光変調器によって変調された光パルスを射出する第1の光伝送装置と、前記第1の光伝送装置からの前記光パルスを送る光ファイバ伝送路と、前記光ファイバ伝送路を介して前記光パルスを導入する第2の光伝送装置とを有する光通信システムにおいて、

前記第1の光伝送装置は、

前記光パルスの立ち上がり及び立ち下がり部分の中心波長を前記光ファイバ伝送路の波長分散によりパルス圧縮を生じる方向に動かす前記干渉型光変調器を備えたことを特徴とする光通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバを伝送路とする光通信システムにおいて、高速のデジタル信号を長距離伝送する伝送装置に用いる光変調方式に関する。図14は光通信システムの構成を示す図であり、従来より良く知られた光通信システムを示している。図中、10、20はそれぞれ送信側および受信側の光伝送装置である。30は光ファイバ伝送路を示している。

【0002】 送信側の光伝送装置10は、高速のデジタル信号を乗せた電気信号により強度変調された光信号を生成し、生成した光信号は光ファイバ伝送路30へ導入される。光信号は、光ファイバ伝送路30内を伝搬し、受信側の光伝送装置20へと伝送され、光伝送装置20内の図示しない光電変換素子等により電気信号へ変換され、当初のデジタル信号が受信されるものである。

【0003】 図15は光ファイバ伝送路の波長分散特性を説明する図である。なお、図15において、横軸は波長、縦軸は波長分散を示しており、 $\lambda_0$ は零分散波長を示す。光ファイバ伝送路は、図15に示すような、波長分散特性を有している。すなわち、同一の光ファイバ伝送路であっても、光の伝搬速度はその波長によって異なるものである。すなわち、零分散波長 $\lambda_0$ より長い波長領域では波長分散係数(ps/nm/km)は正の値をとり、短い値では負の値をとる。

10 【0004】 一方、半導体レーザ素子等の光源をデジタル信号で直接駆動する周知の直接変調方式においては、光源の物理的特性の要因によりパルス波形内で中心波長が変動することが知られている。すなわち、光源がしきい値電圧前後で駆動される光パルスの立ち上がり部分及び立ち下がり部分では、発光波長が所定の中心波長付近で不安定となる現象である。このような現象は波長チャージングまたは単にチャージングと呼ばれ、上述の伝送路の波長分散特性との相乗作用によりパルス波形劣化を及ぼすものである。

20 【0005】 図16は光パルス波形の劣化を説明する図である。ここで、上記チャージングの生じた光パルスが光ファイバ伝送路内にある相当の距離にわたって伝送される場合を考えると、光パルス内には異なる波長の成分が存在するので、これらの波長成分間に伝送遅延差が生じる。すると、第16図の(a)に示したような当初の光パルス波形は、異なる伝搬遅延を有する成分が合成された状態となるため伝送路内でくずれていき、最終的には同図の(b)に示すような波形劣化を生じるものである。

30 【0006】 一方、このときのチャージングは、光パルス波形内のスペクトル広がりとしてとらえることができ、このようなスペクトル広がりをより少なくすることにより、波形劣化をある程度抑制することができるものと考えられる。すなわち、変調による波長のチャージングを零にできるような変調方法を採用すれば、スペクトル広がりが緩和されることになり、波形劣化の抑制が期待できる。

40 【0007】 このため、光源自体を信号によって直接駆動せずに、外部に設けた干渉型光変調器により光パルスを生成することで、スペクトル広がりの小さな変調を行うことができるものとして、外部変調方式による光伝送方法が注目されている。

## 【0008】

【従来の技術】 スペクトル広がりが最も小さく、したがって光ファイバの波長分散の影響を受けにくい光変調方式の一つに、光の干渉を応用したマッハツェンダ干渉計型光変調器等の光変調器(以下、干渉型光変調器)による外部変調方式がある。良く知られる一般的な干渉型変調器では、光源から導入される光を分岐し、制御電極を設けた2つの光導波路内を伝搬させて各々の光の位相を

逆方向に同じ量だけ増減させることによって0又は $\pi$ の位相差を与え、互いに干渉させることで波長チャージングの少ない、強度変調された光パルスが生成される。

【0009】すなわち、干渉型変調器は、変調波形のフーリエ成分である変調側波帯による広がりまで波長チャージングを小さくすることができる(F.KOYAMA et al., JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL.6, NO.1, 1988, PP.87-93)。ところが、数ギガビット/秒以上の伝送速度においては、たとえ波長チャージングを零にしても、変調側波帯によるスペクトル広がり本質的に存在するため、光ファイバ伝送路の波長分散特性による光パルス波形の劣化を完全に無視することはできない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】したがって、上述のような外部変調方式を採用することによって光パルスのスペクトル広がりを変調側波帯によるものにまで低減しても、数ギガビット/秒以上といった高速な伝送速度の領\*

$$\begin{aligned} E_{out}(t) &= E_0 / \sqrt{2} \{ \cos(\omega_0 t + \phi_A) + \cos(\omega_0 t + \phi_B) \} \\ &= E_0 / 2 (X^2 + Y^2)^{1/2} \cos(\omega_0 t + \tan^{-1}(Y/X)) \\ \text{ただし、} X &= \cos(\phi_A) + \cos(\phi_B) \\ Y &= \sin(\phi_A) + \sin(\phi_B) \end{aligned}$$

【0014】式1からわかるように、 $E_{out}(t)$ には $\tan^{-1}(Y/X)$ の位相変調がかかっている。これは以下に示すように波長チャージングとなる。 $\omega_0 t - \tan^{-1}(Y/X)$ を $\phi$ とおくと、角周波数は式2のとおりである。

【0015】

【数2】

$$\omega(t) = d\phi/dt = \omega_0 - d(\tan^{-1}(Y/X))/dt$$

【0016】また、波長 $\lambda = 2\pi c/\omega(t)$  ( $c$ は光速)であるから、 $\Delta\omega = d(\tan^{-1}(Y/X))/dt$ が波長チャージングを引き起こしている。ここで、位相の変調を例えば式3のように行う。

【0017】

【数3】

$$\begin{aligned} \phi_A > 0, \quad \phi_B < 0, \quad \text{ABS}(\phi_A) > \text{ABS}(\phi_B) \\ \text{ABS}(\phi_B - \phi_A) &\approx 0 \quad (\text{光出力 High}) \\ \text{ABS}(\phi_B - \phi_A) &\approx \pi \quad (\text{光出力 Low}) \end{aligned}$$

ただし $\text{ABS}(\phi)$ は $\phi$ の絶対値を表す。

【0018】この時の各部の動作波形を図2に示す。同図の(f)に示すように出力光強度が立ち上がる部分で出力光の位相が遅れ、立ち下がる部分で位相が進む。これに対応して中心波長が(g)に示すように立ち上がり部分で長波長側に、立ち下がり部分で短波長側に動く。これに対し上述の従来方法では、 $\phi_A = -\phi_B$ という条件で変調を行っていたものである。この場合、 $E_{out}(t)$ は式4のようになる。

\*域では、例えば、使用する光源の中心波長に対して零分散とならない光ファイバ伝送路を用いた光伝送システムでは長距離伝送ができないという問題があった。

【0011】本発明は、数ギガビット/秒以上の伝送速度においても、波長分散の大きい光ファイバ伝送路においても長距離伝送可能な光伝送方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】図1及び図2は本発明の原理説明図である。図1は、干渉型光変調器の各部の光の電界を表している。図中 $E_0$ は入力光の電界の振幅、 $\omega_0$ は電界の角周波数、 $t$ は時間、 $\phi_A$ 、 $\phi_B$ はそれぞれ光導波路AおよびBにおいて変調された位相を表す。 $E_{out}(t)$ は出力光の電界であり、詳細を次の式1に示す。

【0013】

【数1】

【0019】

【数4】

$$\begin{aligned} E_{out}(t) &= E_0 \cos(\phi) \cos(\omega_0 t) \\ \text{ただし } \phi &= \phi_A - \phi_B \end{aligned}$$

【0020】なお、 $\phi$ の変調により光電界の振幅が変調されるだけで変調にともなう波長変動は生じない。本発明では、変調器の各導波路の位相を非対称に変調することにより、出力光の中心波長を図2の(g)に示すように、立ち上がり部分で長波長側に、また、立ち下がり部分で短波長側に動くようにした。

【0021】一方、光ファイバ伝送路の波長分散係数は、図15に示すように、光伝送路に例えば $1.3\mu\text{m}$ 帯で零分散波長を示すシングルモードファイバを用い、信号光波長として、波長分散係数の正の領域、例えば損失の少ない $1.55\mu\text{m}$ 帯で使用した場合等に大きな値となる。このときの波長分散係数は例えば最大 $20\text{ps/nm/km}$ であり、波長が長くなるほど光ファイバ内を伝搬する速度が遅くなる。

【0022】したがって、上述のように非対称に位相を変調したことにより生成された波長チャージングと、光ファイバ伝送路の正の波長分散の効果とにより、光パルスの立ち上がり部分では波長が長くなるため相対的に伝搬速度が遅れ、立ち下がり部分では波長が短くなるため逆に相対的に伝搬速度は早まることとなる。以上のような作用によれば、本発明によって生成された光パルスは光ファイバ伝送路を伝搬する間にパルス圧縮を生じる。

【0023】このパルス圧縮は、変調側波帯と光ファイバ伝送路の波長分散によって生じる波形広がりを見補償する方向に働くことになり、したがって伝送可能な光ファイバ長を改善する作用をする。

【0024】

【発明の実施形態】干渉型光変調器は、いわゆる電気光学効果を応用したものである。すなわち、電気光学効果を持つ物質の屈折率を電界印加により変化させて、物質内を伝搬する光の位相を制御させるものである。したがって、干渉型光変調器において、2つの光導波路を伝搬する光の位相を非対称に変調する具体的な手段としてはいくつかの形態が考えられる。

【0025】第1は、各光導波路をそれぞれ異なる駆動電圧で変調する方法である。第2は、駆動電圧は同じくして電極の断面構造を非対称にすることにより光導波路への変調電界のかかり方を非対称にする方法である。第3は、各光導波路でそれぞれ電極長を異ならしめ、光が屈折率変化を感じる導波路長を変える方法である。

【0026】以下、図を用いて、本発明の実施形態を説明する。図3は第1の実施形態の要部を示す図である。図中、1は位相変調を大きくかける方の光導波路であり、2は位相変調を小さくかける方の光導波路である。3は変調用電極であり、4はアース電極である。3と4とで進行波型電極を構成している。5は終端抵抗であり、進行波型電極の特性インピーダンスと整合させるものである。6は光導波路1の位相変調を行うための駆動回路であり、7は光導波路2の位相変調を行うための駆動回路である。

【0027】なお、この実施形態は、駆動電圧振幅を非対称にかける例であり、Z板電気光学結晶を想定している。X板及びY板電気光学結晶でも同様に実施できることは勿論である。図4は、第1の実施形態の動作を示すタイムチャート図である。V1は光導波路1の位相変調を行う駆動波形であり、V2は光導波路2の位相変調を行う駆動波形である。V1とV2とで極性を逆にし、駆動電圧振幅はV1の方を大きくすることにより位相変調を非対称にかける。

【0028】図5に第2の実施形態を示す。この実施形態は、電極長を非対称にして位相変調を非対称にかけるものであり、Z板電気光学結晶を想定している。図5乃至図11まで図中の1~4の符号の意味は図3のものと同一であるものとする。図6に第3の実施形態を示す。この実施形態は、電極長を非対称にして位相変調を非対称にかけるものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。光導波路に対する電極の位置関係が、図5のものとは異なっている。

【0029】図7に第4の実施形態を示す。図7は、干渉型光変調器の断面構造を示している。本実施例は、電極の断面構造を非対称にすることにより位相変調を非対称にかけるものであり、Z板電気光学結晶を想定してい

る。この実施形態では、光導波路2に対応する電極の位置を、少しずらして配置している。図8に第5の実施形態を示す。この実施形態は、電極の断面構造を非対称にすることにより位相変調を非対称にかけるものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。この実施形態では、光導波路と電極間の距離を大きくしている。

【0030】図9に第6の実施形態を示す。本実施形態は電極の断面構造を非対称にすることにより位相変調を非対称にかけるものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。この実施形態では、1つの変調要電極で光導波路1、2は変調しており、光導波路2と電極間の距離を大きくしている。図10に第7の実施形態を示す。この実施形態は、光導波路1だけを変調するものであり、Z板電気光学結晶を想定している。

【0031】図11に第8の実施形態を示す。この実施形態は、光導波路1だけを変調するものであり、X板またはY板電気光学結晶を想定している。

【0032】

【発明の効果】図12は波長分散によって生じる最小受光電力の劣化、すなわちパワーペナルティ計算値を示した図である。光ファイバ伝送によって生じるパワーペナルティの許容値を0.5dBとした場合、従来の変調方法では許容できる波長分散量が500~700ps/nmであるのに対して、本発明により位相変調比を5:1とした場合には1500ps/nm以上と改善される。

【0033】図13は異なる位相変調比で同様の計算を行ったものであり、変調比が2:1以上で十分な効果が認められる。以上からわかるように、本発明によれば、従来の光変調方式を用いた光伝送方法に比べて、伝送特性が改善され、高速光通信装置の性能向上に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の原理を説明する図(1)

【図2】 本発明の原理を説明する図(2)

【図3】 本発明の第1の実施形態の構成図

【図4】 本発明の第1の実施形態の動作を説明するタイムチャート図

【図5】 本発明の第2の実施形態を示す図

【図6】 本発明の第3の実施形態を示す図

【図7】 本発明の第4の実施形態を示す図

【図8】 本発明の第5の実施形態を示す図

【図9】 本発明の第6の実施形態を示す図

【図10】 本発明の第7の実施形態を示す図

【図11】 本発明の第8の実施形態を示す図

【図12】 本発明による伝送特性改善の計算結果を示す図(1)

【図13】 本発明による伝送特性改善の計算結果を示す図(2)

【図14】 光通信システムの構成図

【図15】 伝送路の波長分散特性を説明する図

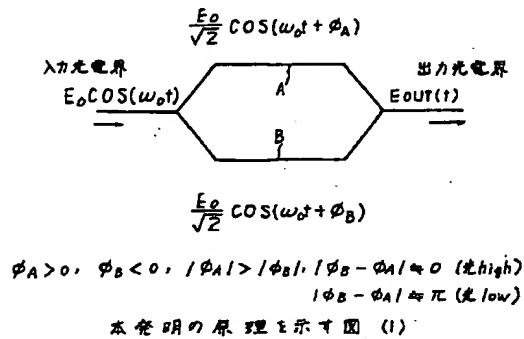
【図16】 パルス波形の劣化を説明する図

【符号の説明】

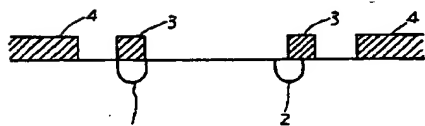
- 1 ... 第1の光導波路  
2 ... 第2の光導波路  
3 ... 変調用電極

- 4 ... アース電極  
5 ... 終端抵抗  
6 ... 第1の信号駆動回路  
7 ... 第2の信号駆動回路

【図1】

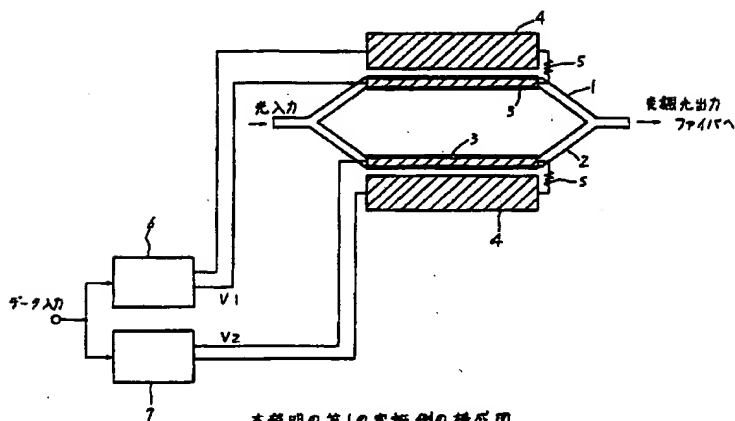


【図7】

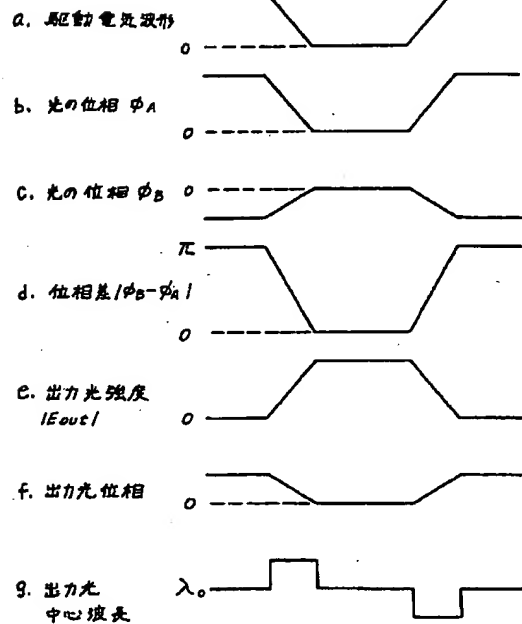


本発明の第4の実施例

【図3】

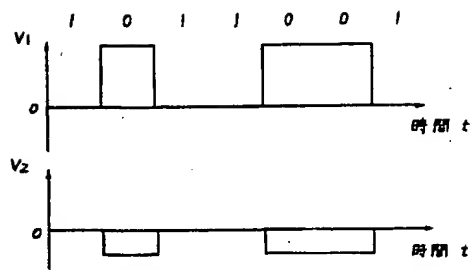


【図2】



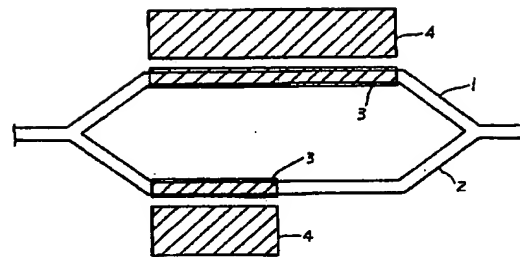
本発明の原理を示す図 (2)

【図4】



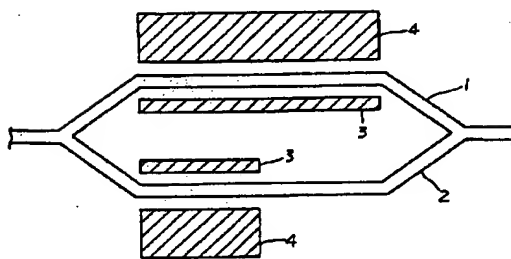
第1の実施例の動作を示すタイムチャート図

【図5】



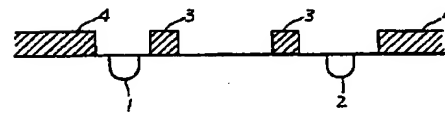
本発明の第2の実施例

【図6】



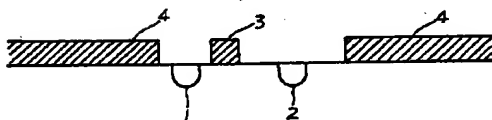
本発明の第3の実施例

【図8】



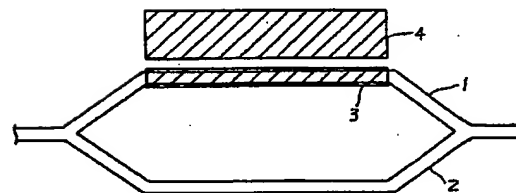
本発明の第5の実施例

【図9】



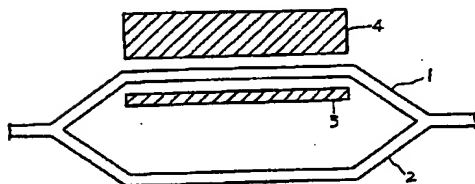
本発明の第6の実施例

【図10】



本発明の第7の実施例

【図11】



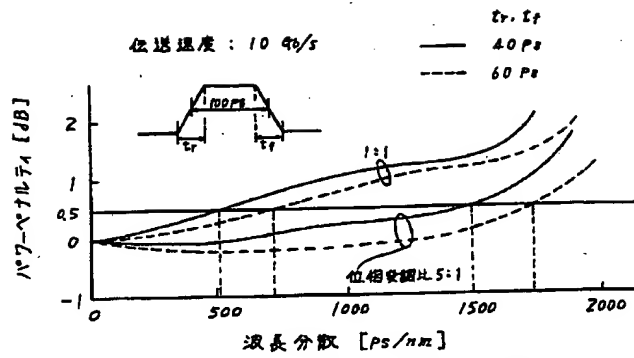
本発明の第8の実施例

【図14】



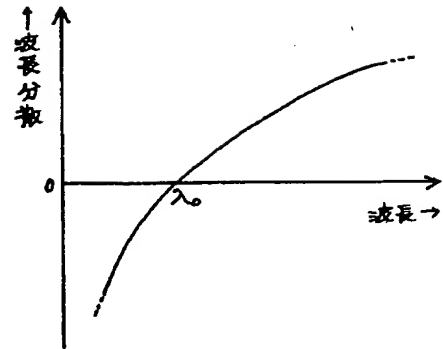
光通信システムの構成図

【図12】



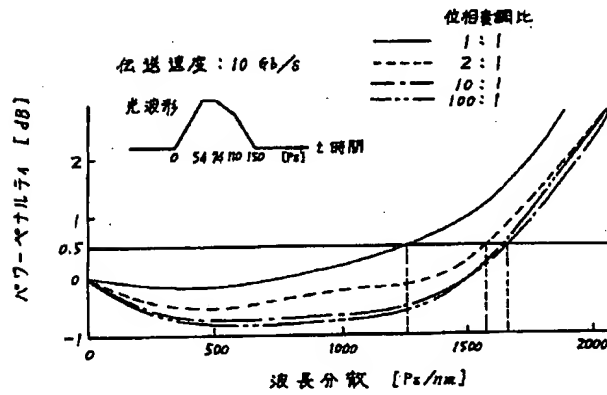
本発明によるファイバ伝送特性改善の計算結果(1)

【図15】



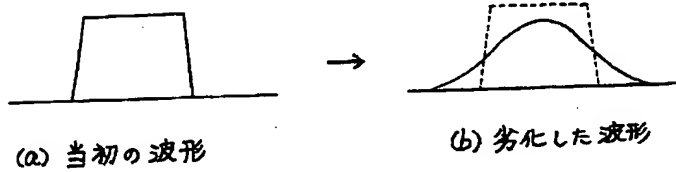
伝送路の波長分散特性を説明する図

【図13】



本発明によるファイバ伝送特性改善の計算結果(2)

【図16】



パルス波形の劣化を説明する図



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	10/142			
	10/04			
	10/06			

(72)発明者 沖山 正  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内

(72)発明者 清野 實  
神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地  
富士通株式会社内